

NASKAH PUBLIKASI
PRARANCANGAN PABRIK *HIGH FRUCTOSE SYRUP* (HFS)
DARI TEPUNG TAPIOKA
KAPASITAS PRODUKSI 100.000 TON/TAHUN



Disusun Sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata 1 pada
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik

Oleh :
Yeny Indra Nuritasari
D 500 140 001

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2016

HALAMAN PERSETUJUAN

**PRARANCANGAN PABRIK *HIGH FRUCTOSE SYRUP* (HFS)
DARI TEPUNG TAPIOKA
KAPASITAS PRODUKSI 100.000 TON/TAHUN**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

YENY INDRA NURITASARI

D 500 140 001

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Eni Budiyati, S.T., M.Eng

NIK. 991

HALAMAN PENGESAHAN

**PRARANCANGAN PABRIK *HIGH FRUCTOSE SYRUP* (HFS)
DARI TEPUNG TAPIOKA
KAPASITAS PRODUKSI 100.000 TON/TAHUN**

OLEH

YENY INDRA NURITASARI

D 500 140 001

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Jum'at, 21 Oktober 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Dr. Ir. H.A.M. Fuadi, M.T. (.....) (Ketua Dewan Penguji)
2. Tri Widayatno, S.T., M.Sc., Ph.D. (.....) (Anggota I Dewan Penguji)
3. Eni Budiyati, S.T., M.Eng (.....) (Anggota II Dewan Penguji)

Dekan Fakultas Teknik



Sri Sudariono, Ph.D

NIK.682

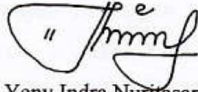
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah di ajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau di terbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka saya akan bertanggungjawab sepenuhnya.

Surakarta, Oktober 2016

Penulis



Yeny Indra Nuritasari

D500140001

PRARANCANGAN PABRIK *HIGH FRUCTOSE SYRUP* (HFS) DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 100.000 TON/TAHUN

ABSTRAK

Pabrik *High Fructose Syrup* dirancang dengan kapasitas 100.000 ton/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah Tepung Tapioka. Pabrik ini direncanakan didirikan di daerah Lampung, pada tahun 2016 dan mulai beroperasi pada tahun 2019. *High Fructose Syrup* banyak digunakan dalam industri makanan, seperti kembang gula, pengalengan buah-buahan, *jelly*, industri pembuatan es krim, industri minuman, siklamat, sakarin, dan industri pangan lainnya sebagai pengganti gula tebu (sukrosa).

High Fructose Syrup dibuat melalui proses hidrolisa dengan menggunakan katalis enzim. Enzim akan memecah molekul pati sagu dan mengubahnya menjadi glukosa. Kemudian glukosa diubah menjadi fruktosa melalui proses isomerisasi dengan enzim glukoisomerase pada kisaran suhu 40-60°C dan tekanan 1 atm dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Isomerisasi 50% akan menghasilkan sirup fruktosa 42%. Kebutuhan bahan baku Tepung Tapioka sebanyak 80.409,369 ton/tahun, CaCl_2 sebanyak 25,074 ton/tahun, α -amylase sebanyak 52,183 ton/tahun, Glukoamilase sebanyak 1,753 ton/tahun, HCl sebanyak 3,347, MgSO_4 sebanyak 12,445, NaOH sebanyak 0,0016 ton/tahun, Glukoisomerase 10,241 ton/tahun, *Polystyrenephosphonate* sebanyak 0,0048 dan *epoxy polyamine* sebanyak 1,6203 ton/tahun.

Hasil analisa ekonomi terhadap prarancangan pabrik *High Fructose Syrup* diperoleh *total capital investment* (TCI) sebesar Rp 808.328.560.707,00 dan total biaya produksi (*Production Cost*) sebesar Rp 1.206.567.763.200,00. Dari analisa kelayakan diperoleh hasil *return on investment* (ROI) sebelum pajak 34,81% dan setelah pajak 24,37%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 2,23 tahun dan setelah pajak 2,91 tahun. *Break Even Point* (BEP) 42,82%, *Shut Down Point* (SDP) 21,47% dan *Discounted Cash Flow* (DCF) sebesar 32,22%. Berdasarkan hasil evaluasi di atas, maka Pabrik *High Fructose Syrup* dengan kapasitas 100.000 ton/tahun dinilai layak didirikan karena memenuhi standar persyaratan pendirian suatu pabrik.

Kata Kunci : Fructose, Tapioka Starch, Enzymatyc, CSTR/RATB

ABSTRACT

High Fructose Syrup factory was designed with a capacity of 100,000 tons/year. The raw material used is Tapioca Starch. The factory is planned to set up in areas of Lampung, in 2016 and began operations in 2019. High Fructose Syrup widely used in the food industry, such as candy bars, canning fruits, jelly, industrial manufacturing of ice creams, the drinks industry, cyclamate, saccharin, and the food industry as a substitute for cane sugar (sucrose).

High Fructose Syrup is made through a process of hydrolysis using an enzyme catalyst. The enzyme will break down molecules sago starch and convert it into glucose. Then glucose is converted to fructose through isomerization process with a enzyme glukoisomerase at a temperature range of 40-60°C and a pressure of 1 atm in flow stirred tank reactor (RATB). Isomerization 50% will produce 42% fructose syrup. Tapioca Starch feedstock requirements as much 80409.369 tons/year, CaCl_2 as much as 25.074 tons/year, α -amylase as much as 52.183 tons/year, Glukoamilase as much as 1,753 tons/year, as many

as 3,347 HCl, MgSO_4 as much as 12.445, NaOH as much as 0.0016 tons/year, Glukoisomerase 10.241 tons/year, Polystyrenephosponate as much as 0.0048 and 1.6203 polyamine epoxy tons/year.

The results of the economic analysis of the design of High Fructose Syrup factory acquired total capital investment (TCI) Rp 808,328,560,707.00 and total costs of production (Production Cost) Rp 1206567763200.00. From the results of feasibility analysis was obtained a return on investment (ROI) before taxes 34.81%, and 24.37% after tax. Pay Out Time (POT) before taxes of 2.23 years and 2.91 years after tax. Break Even Point (BEP) 42.82%, Shut Down Point (SDP) 21.47% and the Discounted Cash Flow (DCF) 32.22%. Based on the evaluation of the above, the High Fructose Syrup factory with a capacity of 100,000 tons/year is considered feasible founded, because it meets the standard requirements for the establishment of a factory..

Keyword : Fructose, Tapioka Starch, Enzymatyc, CSTR/RATB

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Di Indonesia, ubi kayu tersebar di berbagai kawasan dengan pusat perkembangan di Jawa dan Lampung. Produksi ubi kayu di Indonesia yang cukup besar sehingga dapat dimanfaatkan sebagai suatu produk Industri olahan berbasis ubi kayu seperti tapioka. Pabrik *high fructose syrup* (HFS) dari tepung tapioka dengan proses enzimatik didirikan dengan alasan agar dapat menurunkan impor sukrosa dan gula rafinasi yang pada akhirnya akan membantu pemenuhan kebutuhan pemanis untuk konsumsi masyarakat dan industri dengan memanfaatkan potensi Indonesia dalam pemenuhan bahan baku.

1.2 Kapasitas Pabrik

Kapasitas produk dapat diartikan sebagai jumlah maksimum output yang dapat diproduksi dalam satuan massa tertentu. Kapasitas rancangan suatu pabrik ditentukan oleh:

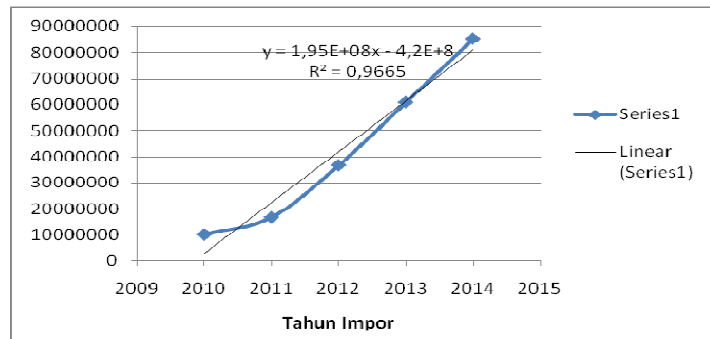
a. Kebutuhan Fruktosa di Indonesia

Penentuan kapasitas produksi didasarkan pada kebutuhan fruktosa yang masih impor. Data kebutuhan fruktosa di Indonesia dapat dilihat pada tabel 1.1

Tabel 1.1. Data kebutuhan Impor Fruktosa

Tahun	Impor (kg/tahun)
2010	102.088.800
2011	167.232.012
2012	368.139.192
2013	610.326.312
2014	853.337.112

(Badan Pusat Statistik)



b. Pabrik yang Sudah Berdiri

Tabel 1.2. Data pabrik yang sudah beroperasi

Nama	Kapasitas (ton/tahun)
PT. Puncak Gunung Agung	400.000
PT. Associated British Budi	72.000

(<http://industri.kontan.co.id>)

Perhitungan Kapasitas pabrik,

Dari grafik diatas dapat diambil persamaan yang menghubungkan jumlah impor fruktosa dan tahun impor fruktosa :

$$\begin{aligned}
 y &= 1,95 \cdot 10^8 x - 4,2 \cdot 10^8 \\
 &= 1,95 \cdot 10^8 x 2019 - 4,2 \cdot 10^8 \\
 &= 2.560.374,702 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Untuk memenuhi 5 % dari kebutuhan impor ditahun 2019

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas 2019} &= 5\% \times y \\
 &= \frac{5}{100} \times 2.560.374,702 \\
 &= 128.018,735 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Dengan melihat pertimbangan pabrik fruktosa yang sudah didirikan dengan kapasitas 72.000–400.000 ton/tahun, maka kapasitas produksi yang direncanakan pada pabrik ini sebesar 100.000 ton/tahun dengan pertimbangan peningkatan kebutuhan fruktosa setiap tahun.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Ada beberapa kriteria yang harus dipertimbangkan dalam menentukan lokasi pabrik agar pabrik yang kita rancang dapat mendatangkan keuntungan yang besar, antara lain : penyediaan bahan baku, pemasaran produk, fasilitas transportasi dan tenaga kerja.

1.4 Tinjauan Pustaka

Prinsip umum hidrolisis pati ada tiga macam, yaitu Hidrolisis dengan menggunakan asam, Hidrolisis dengan menggunakan asam dan enzim, dan Hidrolisis dengan menggunakan enzim-enzim.

Tabel 1.3 Perbandingan beberapa proses hidrolisis pati

No.	Uraian	Metode Hidrolisis		
		Asam	Asam-Enzim	Enzim-Enzim
1.	Kondisi Operasi :			
	• Tekanan(kg/cm ²)	3	1-3	1
	• Suhu(°C)	140-160	60-140	60-105
	• pH	2,3	1,8-2	4,5-6
2.	Proses :			
	• DE (%)	30-55	63-80	95-98
	• Daya Korosi	Tinggi	Tinggi	Rendah
3.	Aspek Ekonomi			
	• Kebutuhan Massa	Banyak	Banyak	Sedikit
	• Biaya Peralatan	Mahal	Mahal	Murah
	• Energi	Besar	Besar	Kecil
	• Investasi	Tinggi	Tinggi	Rendah

Setelah mencermati kelebihan dan kekurangan proses hidrolisis pati diatas, maka dipilih proses hidrolisis dengan menggunakan enzim-enzim dengan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut, Nilai DE (*dextrose equivalent*) tinggi, yaitu antara 95-98%, Kondisi operasi pada suhu dan tekanan yang rendah sehingga membutuhkan energi yang lebih sedikit, kemungkinan korosi kecil, dan dapat mempertahankan rasa dan aroma bahan dasar.

1.5 Kegunaan Produk

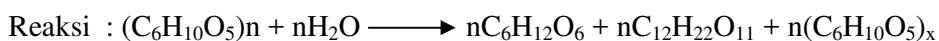
Penggunaan *high fructose syrup* (HFS) mempunyai fungsi sebagai berikut :

- ❖ **Freezing Point** : *Freezing point* yang tinggi pada fruktosa membuat produk mempunyai tekstur yang halus.
- ❖ **Fruit Flavor** : Fruktosa disebut juga dengan gula buah karena ketika digunakan pada produk akan memberikan rasa buah seperti pada *fruit-flavored yogurt*.
- ❖ **Glycemic Index rendah** : *Glycemic load* adalah jumlah yang menunjukkan bagaimana makanan atau produk tertentu akan mempengaruhi kadar gula darah.
- ❖ **Stability** : Fruktosa mempunyai kestabilan yang tinggi dan digunakan untuk meningkatkan cita rasa produk yang mempunyai stabilitas yang tinggi.

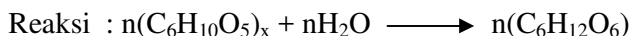
2. DESKRIPSI PROSES

2.1 Dasar Reaksi

Pembentukan pati menjadi dekstrin dengan mengikuti reaksi elementer yang irreversible dan eksotermis.

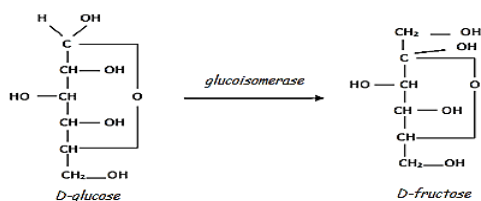


Sedangkan proses pembuatan dekstrin menjadi glukosa melalui proses sakarifikasi mengikuti reaksi irreversible dan endotermis.



Sedangkan proses pembuatan fruktosa dari glukosa melalui proses isomerisasi D-glukosa menjadi D-fruktosa mengikuti reaksi yang *irreversible* dan endotermis.

Reaksi :



2.2 Mekanisme Reaksi

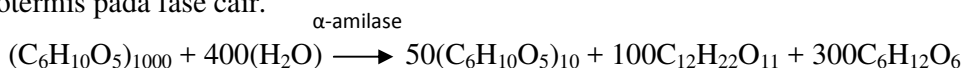
Ada tiga mekanisme yang terjadi yaitu, mekanisme reaksi hidrolisa pati menjadi dekstrin dalam proses likuifikasi, mekanisme proses sakarifikasi dekstrin menjadi glukosa, dan mekanisme proses isomerisasi glukosa menjadi fruktosa.

2.3 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika bertujuan untuk menunjukkan sifat dari reaksi dan kesetimbangan reaksi yang terjadi. Data-data yang digunakan untuk melakukan tinjauan termodinamika yaitu entalpi panas pembentukan dan energi gibbs pada masing-masing bahan baku dan produk.

• Reaksi Likuifikasi

Reaksi likuifikasi berlangsung pada kondisi operasi suhu 95°C tekanan 1 atm secara eksotermis pada fase cair.



$$\Delta H_r = -2.353.765,6504 \text{ kJ/mol (eksotermis)}$$

$$\Delta G_{f298K} = \text{Produk} - \text{Reaktan}$$

$$= [50(-4.727,25) + 100(-1.334,42) + 300(-793,74)] - [-33.423,72 + 400(-285,83)]$$

$$= -460.170,780 \text{ kJ/mol}$$

$$= -460.170.780 \text{ kJ/kmol}$$

$$\ln K = \frac{\Delta G}{-RT}$$

$$= \frac{-460.170.780 \text{ kJ/kmol}}{-8,314 \text{ kJ/kmol.k} \times 298,15\text{K}}$$

$$\ln K = 185.641,130$$

$$K = 14,165$$

Jadi, ΔG pada suhu operasi likuifikasi 95°C adalah :

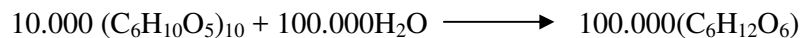
$$\begin{aligned}\Delta G &= -R \cdot T \cdot \ln K \\ &= -8,314 \text{ kJ/kmol.K} \times 368,15 \text{ K} \times 185.641,130 \\ &= -568.210.205,122 \text{ kJ/kmol}\end{aligned}$$

Karena ΔG bernilai negatif, maka reaksi dapat berlangsung.

- Reaksi Sakarifikasi

Reaksi sakarifikasi berlangsung pada kondisi operasi suhu 60°C tekanan 1 atm secara endotermis.

Enzim Glukoamilase



$$\Delta H_r = 789.849,706 \text{ kJ/mol (endotermis)}$$

$$\begin{aligned}\Delta G_{f_{298K}} &= \text{Produk} - \text{Reaktan} \\ &= 100.000(-793,74) - [10.000(-4.727,25) + 100.000(-285,83)] \\ &= -3.518.500 \text{ kJ/mol} \\ &= -3.518.500.000 \text{ J/mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\ln K &= \frac{\Delta G}{-RT} \\ &= \frac{-3.518.500.000 \text{ kJ/kmol}}{-8,314 \text{ kJ/kmol.k} \times 298,15\text{K}}\end{aligned}$$

$$\ln K = 1.419.425,887$$

$$K = 12,131$$

Jadi, ΔG pada suhu operasi likuifikasi 60°C adalah :

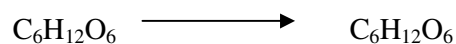
$$\begin{aligned}\Delta G &= -R \cdot T \cdot \ln K \\ &= -8,314 \text{ kJ/kmol.K} \times 333,15 \text{ K} \times 1.419.425,887 \\ &= -3.931.538.738,890 \text{ kJ/kmol}\end{aligned}$$

Karena ΔG bernilai negative, maka reaksi dapat berlangsung.

- Reaksi Isomerisasi

Reaksi isomerisasi berlangsung pada kondisi operasi suhu 60°C tekanan 1 atm secara endotermis pada fase cair.

Enzim Glukoisomerase



$$\Delta H_r = 250.731,186 \text{ kJ/mol (endotermis)}$$

$$\Delta G_{f_{298K}} = \text{Produk} - \text{Reaktan}$$

$$= -820,70 - (-793,74)$$

$$= -26,960 \text{ kJ/mol}$$

$$= -26.960 \text{ J/mol}$$

$$\ln K = \frac{\Delta G}{-RT}$$

$$= \frac{-26.960 \text{ J/mol}}{-8,314 \text{ kJ/kmol.k} \times 298,15\text{K}}$$

$$\ln K = 10,876$$

$$K = 2,386$$

Jadi, ΔG pada suhu operasi isomerase 60°C adalah :

$$\Delta G = -R \cdot T \cdot \ln K$$

$$= -8,314 \text{ kJ/kmol.K} \times 333,15 \text{ K} \times 10,876$$

$$= -30.124,850 \text{ kJ/kmol}$$

Karena ΔG bernilai negative, maka reaksi dapat berlangsung

2.4 Tinjauan Kinetika

- Reaksi Likuifikasi

Pada proses likuifikasi dilakukan pada temperature 95°C dan dilakukan dengan waktu tinggal pada reaktor selama 60-120 menit. Reaksi likuifikasi merupakan reaksi orde 1, dengan persamaan laju reaksi sebagai berikut :

$$\text{Diketahui : } X_A = 97\%$$

$$\text{Waktu tinggal } (\tau) = 1 \text{ jam}$$

Sehingga nilai k dapat dhitung :

$$k = \frac{X_A}{\tau (1 - X_A)}$$

$$k = \frac{0,97}{60 \cdot (1 - 0,97)}$$

$$= 0,539 / \text{menit}$$

Menghitung laju reaksi $(-r_A)$

$$(-r_A) = k \cdot C_{Ao} \cdot (1 - X_A)$$

$$= 0,539/\text{menit} \times 9.25 \times 10^{-6} \text{ kmol/L} \times (1 - 0,97)$$

$$= 4,59 \times 10^{-9} \text{ kmol/L.menit}$$

- Reaksi Sakarifikasi

Pada proses likuifikasi dilakukan pada temperature 60°C dan dilakukan dengan waktu tinggal pada reaktor selama 48 jam. Reaksi Sakarifikasi merupakan reaksi orde 1, dengan persamaan laju reaksi sebagai berikut :

$$\text{Diketahui : } X_A = 98\%$$

$$\text{Waktu tinggal } (\tau) = 48 \text{ jam}$$

Sehingga nilai k dapat dhitung :

$$k = \frac{X_A}{\tau (1 - X_A)}$$

$$k = \frac{0,98}{2880 \cdot (1 - 0,98)}$$

$$= 0,01701 / \text{menit}$$

Menghitung laju reaksi (-rA)

$$(-r_A) = k \cdot C_{Ao} \cdot (1 - X_A)$$

$$= 0,01701/\text{menit} \times 3,51 \times 10^{-4} \text{ kmol/L} \times (1 - 0,98)$$

$$= 1,197 \times 10^{-7} \text{ kmol/L.menit}$$

- Reaksi Isomerisasi

Reaksi pembuatan sirup fruktosa dari sirup glukosa dengan proses isomerisasi dengan bantuan enzim glukoisomerase pada temperatur 60°C. Reaksi Isomerisasi merupakan reaksi orde 1, dengan persamaan laju reaksi sebagai berikut :

$$\text{Diketahui : } X_A = 50\%$$

$$\text{Waktu tinggal } (\tau) = 3 \text{ jam}$$

Berdasarkan persamaan di atas, dapat dihitung harga konstanta kecepatan reaksi

$$k = \frac{X_A}{\tau (1 - X_A)}$$

$$k = \frac{0,50}{180 \cdot (1 - 0,50)}$$

$$= 0,006/\text{menit}$$

Menghitung laju reaksi (-rA)

$$(-r_A) = k \cdot C_{Ao} \cdot (1 - X_A)$$

$$= 0,006/\text{menit} \times 3,11 \times 10^{-3} \text{ kmol/L} \times (1 - 0,50)$$

$$= 9,325 \times 10^{-6} \text{ kmol/L.menit}$$

2.5 Deskripsi Proses

Tahap pembentukan sirup glukosa terdiri atas persiapan bahan baku, tahap pencampuran, likuifikasi, sakarifikasi, filtrasi, pemurnian dan pemekatan.

- **Persiapan Bahan Baku**

Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan *High Fructose Syrup* (HFS) adalah tepung tapioka yang disimpan pada tangki penampung (S-111), kemudian diangkut menggunakan *Screw Conveyor* (SC) menuju tangki pengenceran (M-112).

- **Tahap Pencampuran**

Pencampuran larutan pati dengan air pada tangki pengencer hingga 30-35% berat pati. Selanjutnya pati encer tersebut dialirkan ke tangki pencampur I (M-116). Proses gelatinasi dengan menggunakan *jet cooker* (E-121) (*steam injection system*) pada suhu 105°C yang bertujuan untuk memecah dan melarutkan pati dengan pemanasan secara kontinu selama 5–10 menit. Pendinginan dengan menggunakan *cooler* (E-122) hingga suhu 95°C kemudian dialirkan ke tangki likuifikasi (R-120) untuk mengalami proses hidrolisis.

Likuifikasi

Merupakan tahapan I dari proses hidrolisis pati yang memutus rantai panjang polisakarida pada tepung tapioka menjadi rantai yang lebih pendek yaitu dekstrin (oligosakarida) dengan bantuan enzim α -amylase. Proses ini terjadi di reaktor likuifikasi dengan kondisi operasi pada pH 6-6,5 dan suhu operasi pada 95°C-98°C selama 2-3 jam. Setelah itu didinginkan pada *cooler* (E-131) dan *cooler* (E-132) hingga suhu 60°C sebelum masuk ke reaktor sakarifikasi (R-130).

Sakarifikasi

Merupakan tahap II proses hidrolisis pati yang mengubah dekstrin menjadi glukosa dengan bantuan enzim glukamilase. Tahap proses sakarifikasi adalah sebagai berikut, menambahkan larutan HCl untuk menurunkan pH antara 4-4,5 dan menambahkan enzim glukamilase pada tangki pencampur II (M-133). Membiarkan selama 48-72 jam agar terjadi proses sakarifikasi dalam reaktor sakarifikasi (R-130). Suhu operasi untuk proses sakarifikasi adalah 60°C. Dari proses sakarifikasi dihasilkan Sirup glukosa yang kemudian dilakukan penapisan pada *Rotary Vacuum Filter* (H-140) untuk memisahkan filtrat yang berupa Sirup glukosa dengan partikel-partikel kasar yang menggumpal selama proses sebagai lumpur tapisan (*cake*). Kemudian dilakukan pemekatan di evaporator I (V-150) yang menghasilkan Sirup glukosa dengan kadar 50%.

Tahap Isomerisasi Sirup Glukosa Menjadi Sirup Fruktosa

Proses ini bertujuan untuk mengubah Sirup glukosa menjadi Sirup fruktosa dengan menggunakan enzim glukoisomerase (*glukoisomerasi enzimatik*) pada reaktor isomerasi

(R-210) dengan kondisi operasi pada suhu 55°C–65°C dan pH 7,5. Sebelum masuk ke reaktor isomerasi (R-210), sirup glukosa dari evaporator I (V-150) dialirkan ke tangki pencampur III (M-211) dengan melakukan penambahan $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ yang merupakan aktivator enzim glukoisomerase. Setelah proses isomerase selesai (telah terbentuk HFS-42) pada reaktor isomerasi (R-210), produk didrain ke tangki pencampur IV (M-216) dan ditambahkan HCl untuk menurunkan pH menjadi 4,5.

- **Tahap Penyelesaian**

Tahap *finishing* terdiri dari proses filtrasi, pemurnian, dan pemekatan. Filtrasi bertujuan untuk memisahkan padatan tak larut dari Sirup fruktosa dengan menggunakan *filter press* (H-310). Unit pemurnian terdiri dari kolom karbonasi (M-315) untuk penghilangan warna dan ion exchanger yang terdiri atas kation exchanger II (D-322A) dan anion exchanger II (D-322B) yang bertujuan untuk menghilangkan zat-zat mineral dalam Sirup atau zat warna yang mungkin lolos dari kolom karbonasi (M-315). Selanjutnya proses pemekatan dilakukan di evaporator II (V-320) untuk mendapatkan produk HFS-42 yang bebas dari impuritas.

- **Pengemasan**

Sebelum dikemas, HFS harus didinginkan sampai pada suhu 30°C. HFS yang diperoleh dapat dikemas dalam kaleng, drum, atau botol dari berbagai ukuran. Sebelum dikemas dalam kaleng drum atau botol, produk HFS yang dihasilkan dapat ditampung atau disimpan dalam tangki HFS yang berukuran besar.

3. SPESIFIKASI PERALATAN PROSES

3.1 Reaktor Isomerisasi

Kode alat	: R-210
Fungsi	: Mereaksikan isomerisasi glukosa menjadi fruktosa.
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk
<u>Kondisi Operasi</u>	
Suhu	: 60°C
Tekanan	: 1 atm
<u>Dimensi Tangki</u>	
Volume reaktor	: 88,69 m ³
Diameter <i>shell</i>	: 4,876 m
Tebal <i>plate shell standar</i>	: 0,375 in = 0,009 m
Tebal <i>plate head standar</i>	: 0,31 in = 0,007 m
Tinggi total reaktor	: 6,761 m

Spesifikasi Pengaduk

Jenis	: Turbin dengan 6 <i>blade disk baffle</i>
Kecepatan	: 39,336 rpm
Diameter	: 1,619 m
Tinggi	: 1,619 m
Power motor	: 50 Hp
Lebar pengaduk	: 0,324 m
Lebar <i>baffle</i>	: 0,405 m

Spesifikasi Pemanas

Diameter luar jaket	: 5,096 m
Tinggi jaket	: 5,855 m
Tebal dinding jaket	: 0,008 m

4. UNIT PENDUKUNG PROSES (UTILITAS) DAN LABORATORIUM

4.1 Unit Pendukung Proses (Utilitas)

Unit pendukung proses atau sering disebut unit utilitas merupakan bagian penting untuk menunjang berlangsungnya proses dalam suatu pabrik. Unit-unit pendukung proses yang terdapat dalam Pabrik *High Fructose Syrup* antara lain :

❖ Unit pengadaan air

Unit ini bertugas menyediakan air dengan cara mengolah air sungai menjadi air yang sesuai dengan standar kelayakan.

❖ Unit pengadaan uap (*steam*)

Unit ini bertugas menyediakan kebutuhan steam sebagai media pemanas. Dengan menggunakan air yang telah diolah sebagai umpan boiler yang kemudian akan menghasilkan uap jenuh (*saturated steam*).

❖ Unit pengadaan udara tekan

Unit ini menggunakan alat berupa kompresor yang mengambil udara bebas sebagai umpan, kemudian dikompresi menjadi udara tekan.

❖ Unit pembangkit listrik

Unit ini bertugas untuk menyediakan listrik yang digunakan sebagai tenaga penggerak untuk alat proses. Kebutuhan listrik pabrik diperoleh dari PLN, namun di pabrik ini memiliki generator yang digunakan sebagai cadangan bila listrik dari PLN mengalami gangguan.

❖ Unit pengadaan bahan bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar berupa solar. Bahan bakar tersebut digunakan untuk generator dan *boiler*.

4.2 Laboratorium

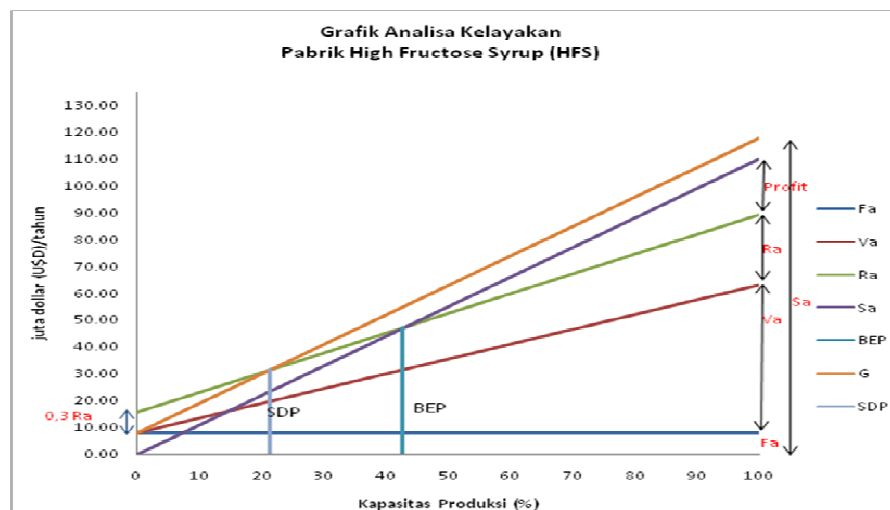
Laboratorium memiliki peranan penting di dalam suatu pabrik untuk memperoleh data-data analisa yang diperlukan. Data-data tersebut digunakan untuk evaluasi unit-unit yang ada, menentukan tingkat efisiensi, dan pengendalian mutu.

5. ANALISIS EKONOMI

Pabrik *High Fructose Syrup* direncanakan beroperasi selama 330 hari dalam satu tahun produksi. Tahun evaluasi untuk perancangan pabrik ini yaitu pada tahun 2019. Untuk analisa ekonomi, harga alat-alat dan keperluan pendirian pabrik lainnya akan diperhitungkan pada tahun evaluasi. Perhitungan untuk tahun evaluasi membutuhkan indeks harga agar dapat diperkirakan harga-harga pada tahun tersebut.

Dari perhitungan evaluasi ekonomi, diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Percent Return on Investment (ROI) sebelum pajak 34,81% dan sesudah pajak 24,37%.
ROI untuk pabrik beresiko rendah sebelum pajak minimal 11% (Aries and Newton, 1955).
2. Pay Out Time (POT) sebelum pajak 2,23 tahun dan sesudah pajak 2,91 tahun. POT pabrik sebelum pajak maksimal 5 tahun (Aries and Newton: 1955).
3. Break Event Point (BEP) sebesar 42,82% dan Shut Down Point sebesar 21,47%. BEP yang wajar untuk suatu pabrik kimia berkisar 40-60%.
4. Discounted Cash Flow atau DCF sebesar 32,22% sedangkan suku bunga pinjaman di bank sekitar 10% per tahun.



Gambar 1. Analisa kelayakan pabrik *High Fructose Syrup*

6. DAFTAR PUSTAKA

- Brownell, L.E. and Young, F.H, 1959, "*Process Equipment Design*", Willet Eastern Limited, New Delhi.
- Brown, G.G. and Foust, A.S., 1950, *Unit Operations*, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Coulson, Richardson, 1999, *Chemical Engineering, volume 6, third edition*, New York, Butterworth Heinemann.
- E.A. Borges da Silva., dkk, 2005, *Analysis of the high-fructose syrup production using reactive SMB technology*, Elsevier.
- Geankoplis Christie John, 1993, *Transport Processes and Separation Process Principle*, 4th edition, New Jersey, Pearson Education International.
- Hugot, E, 1972, "*Handbook of Cane Sugar Engineering*", 2nd edition, Elsevier, Amsterdam.
- Hougen, Watson, dkk, 1954, *Chemical Process Principles*, 2nd edition, Singapore, John Wiley & Sons.
- Kern, D.Q, 1950, "*Process Heat Transfer*", 5th edition, McGraw Hill Book Company, New York, Toronto , London.
- Kirk-Othmer, 1998, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 4th edition, John Willey & Sons Inc., USA.
- Kusnarjo, 2010, *Ekonomi Teknik*,
- Ludwig, Ernest E, 1999, "*Applied Process Design For Chemical And Petrochemical Plants*", 3rd edition, volume 1, Gulf Professional Publishing, United State of America.
- Maroulis ZB, Saravacos GD, 2003, *Food Process Design*, Marcel Dekker, Inc., USA.
- Parker Kay, dkk, 2010, *High fructose corn syrup: Production, uses and public health concerns*, Department of Biology, College of Science and Technology, North Carolina Central University, Durham, NC 27707, USA.
- Perry, Green, 2008, *Perry's Chemical Engineers' handbook*, 8th edition, McGraw-Hill Companies, Inc., United State.
- Peter, M.S. and Timmerhous, K.D., 1991, "*Plant Design and Economic for Chemical Engineers*", 4th edition, McGraw-Hill Inc. New York.
- Richana Nur, 2006, *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian vol. 28 no. 3*, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Bogor.

Uhlig, H., 1998, "*Industrial Enzymes and their Applications*", John Wiley and Sons Inc.
New York.

Ullmann's, 2003, "*Encyclopedia of Industrial Chemistry*", 6th edition, Wiley.